

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平6-504405

第7部門第2区分

(43) 公表日 平成6年(1994)5月19日

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>

H01S 3/096

識別記号

序内整理番号

F 1

7131-4M

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 13 頁)

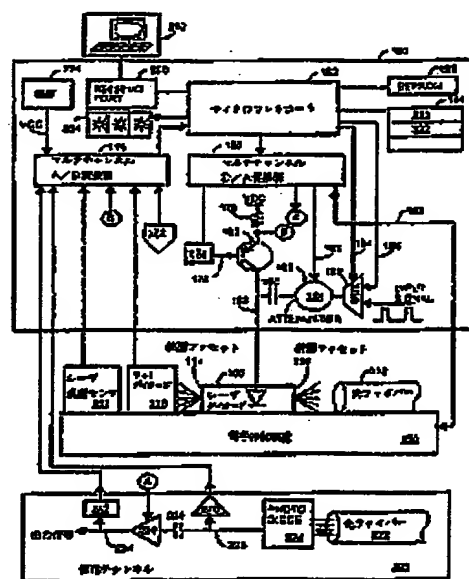
(21) 出願番号 特願平8-514471  
 (86) (22) 出願日 平成3年(1991)7月31日  
 (85) 翻訳文提出日 平成5年(1993)3月16日  
 (86) 国際出願番号 PCT/US91/05302  
 (87) 国際公開番号 WO92/05608  
 (87) 国際公開日 平成4年(1992)4月2日  
 (31) 優先権主張番号 883, 178  
 (32) 優先日 1990年9月14日  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LU, NL, S E), AU, JP, KR

(71) 出願人 フィニザー コーポレーション  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
 94025 メンロ パーク エディソン ウ  
 エイ 3515  
 (72) 発明者 レヴィンソン フランク エイチ  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
 94061 レッドウッド シティー ノーサ  
 ンバーランド アベニュー 317  
 (74) 代理人 弁理士 中村 俊 (外6名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザダイオードのバイアス制御方法とコントローラ

(57) 【要約】

レーザダイオードコントローラ(102)がプログラムマイクロコントローラ(162)を使用して、レーザダイオード(100)の動作点を発生選択する工程を正確に制御する。レーザダイオード(100)は光を送信するための前方ファセット(切子面)、及びレーザダイオード光学出力電力をモニターするための後方ファセットを有している。レーザダイオード(100)の後方ファセット(114)が一度調整されると、コントローラはレーザダイオードの動作特性を正確にモニターすることができ、レーザダイオード(100)の電流動作特性に基づいて、最適な動作点電流を選択することができる。レーザダイオード(100)の調整中、コントローラ(102)は駆動電流に対するレーザダイオード光学出力電力の直線性をチェックすることができ、従って、レーザダイオード(100)の欠陥を検出することができる。完全二重光學リンクにおいて、本発明のコントローラ(102)は、リンクの完全性が達成されるまで、レーザダイオードが基準強度一杯で発光することを阻止し、これによって、レーザダイオード



ドからの光が使用者の目に偶発的に損傷を与えることを阻止する。従って、コントローラ(102)は、完全二重リンクを使用して、他の場合では使用されるより低い動作点駆動電流を達成することができ、レーザダイオード(100)の寿命を大幅に引き延ばす。レーザダイオードの動作点特性は、経時変化し、コントローラ(102)がレーザが故障する時を予測することが可能となる。コントローラ(102)は、不揮発性メモリ内のレーザダイオード(100)の動作特性を記録し、これらの特性の変化を解析し、これらの変換が所定の故障予知判断基準と一致する時、故障警報メッセージを発生する。

#### 請求の範囲

1. レーザダイオードのコントローラにおいて、該コントローラがレーザダイオードから放出された光の一部を受信して、この受信した光の光パワーに対応する光パワー測定信号を発生する光パワーセンサと、  
 所定されたレベルの駆動電流を上記レーザダイオードに流すために上記レーザダイオードに結合された駆動電流回路と、

上記光パワーセンサと上記駆動電流回路とに結合されて、上記レーザダイオードに印加する上記の所定されたレベルの駆動電流を設定し、上記光パワー測定信号を上記光パワーセンサから受信するデジタルデータプロセッサとを有し、

上記デジタルデータプロセッサが上記駆動電流を一度の値に段階的に設定して、上記のレーザダイオードの動作特性を駆動電流の各々の値ごとに受信した光パワー測定信号に基づいて算出し、上記レーザダイオードの駆動電流レベルを上記の受信した光パワー測定信号に基づいて選択するようにプログラムされている

ことを特徴とするレーザダイオードのコントローラ。

2. 上記レーザダイオードコントローラが

上記デジタルデータプロセッサに結合された不揮発性メモリを有するに於いて、

上記デジタルデータプロセッサが

(A) 上記レーザダイオードの上記の所定された動作特性を表すデータを上記不揮発性メモリに記録し、

(B) 上記駆動電流を一度の値に段階的に設定し、駆動電流の各々の値ごとに、受信した光パワー測定信号に基づいて上記のレーザダイオードの1回の動作特性を算出することにより、上記レーザダイオードの動作特性を定期的に検査し上記の算出された動作特性が上記の不揮発性メモリに記録された上記の動作特性と比較してあらかじめ決定された許容差を越えない場合にはエラー信号を発生する

ことにより上記レーザダイオードの経年変化の検出を行うように、さらにプログラムされている

ことを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

3. 上記デジタルデータプロセッサが、上記レーザダイオードの上記の算出された動作特性をあらかじめ決定された判定基準と比較し、上記の算出された動作特性が上記のあらかじめ決定された判定基準を満たさないときにはエラー信号を発生することによって上記レーザダイオードの異常検出検査を行うように、さらにプログラムされていることを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

4. 上記デジタルデータプロセッサが、上記レーザダイオードの駆動電流がなわら駆動電流を増加したときにそれに対応する受光光パワーの増加が得られるかどうかの検出検査を上記の受信した光パワー測定信号に基づいて行い、上記レーザダイオードがあらかじめ記憶された検出性の判定基準を満たさない場合にはエラー信号を発生するようにプログラムされていることを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

5. 上記レーザダイオードコントローラがさらに

第1のレーザダイオードが発した光を受信するための受信チャンネルを有し、上記第2のレーザダイオードが全デュプレックス光リンクを構成するようになされており、

上記レーザダイオードコントローラがさらに

上記受信チャンネルを上記デジタルデータプロセッサに結合し、上記第2のレーザダイオードの上記の受信した光の強度を光パワーに対応する受信光パワー信号を発生するためのモニタ手段

を有しており、

上記のデジタルデータプロセッサが上記の受信光パワー信号を受信する手段を備えており、該デジタルデータプロセッサが

(A) 上記の受信光パワー信号をあらかじめ記憶された判定基準と比較することにより、上記の第2のレーザダイオードの間に確實に全デュプレックス光リンクが形成されているかどうかを判定し、

(B) 全デュプレックス光リンクが確實に形成されていることが判定される前においては、上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルは第1のレベ

ルに設定するようにし、

(C) 全デュプレックス光リンクが確實に形成されていることが判定された前においては、上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルを第2のレベルに設定する

ようにプログラムされており、上記第1の駆動電流レベルにおける場合と比較して上記の第2の駆動電流レベルは上記のレーザダイオードが少なくとも8倍の出力光パワーを発生するようになっていることを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

6. 上記のデジタルデータプロセッサが上記受信光パワー信号をモニタすることによって上記全デュプレックス光リンクの断れを検出を行うようになされており、上記断れが検出された場合には上記駆動電流レベルをリセットして上記第1のレベルに戻すようにプログラムされていることを特徴とする請求範囲5に記載のレーザダイオードコントローラ。

7. 上記のデジタルデータプロセッサが上記受信光パワー信号をあらかじめ定めた大さ以上減少していないかどうかを検出し、そのような減少が検出された場合には警告信号を発生し、これによって該デジタルデータプロセッサは上記全デュプレックス光リンクを介して伝送されたデータが破損されようとしていることを検出することができるようにプログラムされていることを特徴とする請求範囲5に記載のレーザダイオードコントローラ。

8. 上記駆動電流回路が

エミッタが電源に接続され、ベースが上記デジタルデータプロセッサに接続され、コレクタが上記レーザダイオードに直接に接続されているバイポーラトランジスタと、

上記コレクタに接続されたキャパシタ

とを有し、

上記キャパシタは上記コレクタを入力信号ラインに交流的に結合させ、上記入力信号ラインが上記レーザダイオードによって受信される高周波信号の伝送を行うようになっている

ことを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

6. 上記レーザダイオードコントローラが上記デジタルデータプロセッサに接続された不揮発性メモリをさらに有し、

上記デジタルデータプロセッサが、上記光パワーセンサに対するキャリブレーション係数と、立ち上げ時の値と、上記レーザダイオードの上記の算出された動作特性とを演算データを上記不揮発性メモリに記憶し、上記コントローラの電源を投入される度に上記の記憶されたデータを用いて上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルの設定を行うようにさらにプログラムされており、

これによって上記コントローラの電源が投入される毎にキャリブレーションを行う必要なしに、また上記コントローラを再立ち上げすることなしに上記レーザダイオードの再起動を行うことが可能となされている

ことを特徴とする請求範囲1に記載のレーザダイオードコントローラ。

10. 多チャンネルレーザダイオード装置が、

複数のレーザダイオードと、

上記レーザダイオードから放射された光の一部を受信し、この受信した光の光パワーに対応する光パワー測定信号を発生するため、上記の各々のレーザダイオードの直前に個々に配備された光パワーセンサと、

設定されたレベルの駆動電流を上記の対応するレーザダイオードにそれぞれ個別に供給するために上記の各々のダイオードに個々に接続された駆動電流回路と、

上記レーザダイオードに供給する上記の指定された駆動電流レベルを決定し、また上記光パワーセンサから上記光パワー測定信号を受信するために、上記のすべての光パワーセンサと上記のすべての駆動電流回路とに接続されている1つのデジタルデータプロセッサ

とを有し、

上記デジタルデータプロセッサが、上記の各々のレーザダイオードに対して上記駆動電流を一定の値に段階的に設定して、駆動電流の各々の値ごとに、受信した光パワー測定信号に基づいて上記の各々のレーザダイオードの動作特性を算出し、上記の各々のレーザダイオードの駆動電流レベルを上記の受信した光パワー測定信号に基づいて選択するようにプログラムされている

ことを特徴とする多チャンネルレーザダイオード装置。

動作特性とを演算データとを上記不揮発性メモリに記憶し、

(B) 上記コントローラの電源が投入される度に、上記の記憶されたデータを用いて上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルの設定を行うようにさらにプログラムされており、

これによって上記コントローラの電源が投入される毎にキャリブレーションを行う必要なしに、また上記コントローラを再立ち上げすることなしに上記レーザダイオードの再起動を行うことが可能となされている

ことを特徴とする請求範囲10に記載の多チャンネルレーザダイオード装置。

14. 後面ファセットと前面ファセットとを有するレーザダイオードのためのコントローラにおいて、該コントローラが

レーザダイオードの後面ファセットから放射された光の一部を受信して、この受信した光の光パワーに対応する光パワー測定信号を発生する後面ファセットフォトダイオードと、

指定されたレベルの駆動電流を上記レーザダイオードに供給すると共に上記レーザダイオードに結合された駆動電流回路と、

上記後面ファセットフォトダイオードと上記駆動電流回路とに結合されて、上記レーザダイオードに印加すべき上記の指定されたレベルの駆動電流を決定し、上記光パワー測定信号を上記後面ファセットフォトダイオードから受信するデジタルデータプロセッサ

とを有し、

上記デジタルデータプロセッサが上記駆動電流を一定の値に段階的に設定して、上記のレーザダイオードの動作特性を駆動電流の各々の値ごとに受信した光パワー測定信号に基づいて算出し、上記レーザダイオードの駆動電流レベルを上記の算出した光パワー測定信号に基づいて選択するようにプログラムされている

ことを特徴とするレーザダイオードのコントローラ。

15. 駆動電流をレーザダイオードに供給して光を発生させるステップと、

上記の発生された光の光パワーを測定するステップと、

デジタルデータプロセッサを準備し該デジタルデータプロセッサの制御の下に、自動的に上記駆動電流を一定の値に段階的に設定し、各駆動電流の値に対

11. 上記の各々の駆動電流回路が

エリクタ回路に接続され、ベースが上記デジタルデータプロセッサに接続され、コレクタが上記レーザダイオードに個々に接続されているハイボートラップスと、

上記コレクタに接続されたキャパシタ

とを有し、

上記キャパシタは上記コレクタを入力信号ラインに電流的に結合させて、上記入力信号ラインが上記レーザダイオードによって送信される光信号の伝送を行うようになされている

ことを特徴とする請求範囲10に記載の多チャンネルレーザダイオード装置。

12. 上記多チャンネルレーザダイオード装置が

上記デジタルデータプロセッサに結合された不揮発性メモリをさらに有しており、

上記デジタルデータプロセッサが

(A) 上記レーザダイオードの上記の算出された動作特性を演算データとを上記不揮発性メモリに記憶し、

(B) 上記駆動電流を一定の値に段階的に設定し、駆動電流の各々の値ごとに受信した光パワー測定信号に基づいて上記レーザダイオードの1回の動作特性を算出することにより、上記レーザダイオードの動作特性を段階的に決定し、上記の算出された動作特性が上記の不揮発性メモリに記憶された上記の動作特性と比較してあらかじめ定められた判定基準を満たさない場合にはエラー信号を発生することによって上記の各々のレーザダイオードの過熱防止の検出を行うように、さらにプログラムされている

ことを特徴とする請求範囲10に記載の多チャンネルレーザダイオード装置。

13. 上記多チャンネルレーザダイオード装置が上記デジタルデータプロセッサに接続された不揮発性メモリをさらに有し、

上記デジタルデータプロセッサが、

(A) 上記各々の光パワーセンサに対するキャリブレーション係数と、上記レーザダイオードの立ち上げ時の値と、上記レーザダイオードの上記の算出された

する上記光パワーの測定値とを受信し、各駆動電流の値に対して受信された上記の光パワー測定値に基づいて上記レーザダイオードの動作特性を算出し、上記の受信された光パワー測定値に基づいて上記レーザダイオードに対する駆動電流を決定するステップ

とから成ることを特徴とするレーザダイオードの制御方法。

10. 上記レーザダイオードの上記の算出された動作特性を演算データとを不揮発性メモリに記憶するステップと、

上記駆動電流を一定の値に段階的に設定し、各駆動電流の値に対して上記光パワーの測定値を受信し、各駆動電流の値に対して受信された上記の光パワー測定値に基づいて上記レーザダイオードの動作特性を算出し、上記の算出された動作特性が上記の不揮発性メモリに記憶された上記の動作特性と比較してあらかじめ定められた判定基準を満たさない場合にはエラー信号を発生することによって自動的に上記レーザダイオードの動作特性を決定するステップ

とをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

12. 上記の算出された動作特性を、あらかじめ定められた判定基準と比較するステップと、

上記の算出された動作特性があらかじめ定められた判定基準を満たさない場合にはエラー信号を発生するステップ

とをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

12. 上記レーザダイオードの動作特性を算する駆動電流を増加したときにそれに対応する光パワーの増加が得られるかどうかの検出結果を上記の受信された光パワー測定信号に基づいて行い、上記レーザダイオードがあらかじめ定められた検出された判定基準を満たさない場合にはエラー信号を発生するステップをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

14. 第3のレーザダイオードが発生した光を受信するための受信チャンネルを準備し、上記2つのレーザダイオードが全デュプレックス光リンクを構成するようにするステップと、

上記第2のレーザダイオードが放射した光の受光光についての直達光パワーを測定するステップと、

上記のデジタルデータプロセッサの制御の下に上記第2のレーザダイオードについての直達光パワー測定値を算出し、上記の直達光パワー測定値をあらかじめ記憶された特定値と比較することにより、上記の2つのレーザダイオードの間に設置したデュプレックス光リンクが確立されているかどうかを判定し、全デュプレックス光リンクが確立に構成されていることが判定される際においては上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルを第1のレベルに設定するようにし、全デュプレックス光リンクが確立に構成されていることが判定された際においては上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルを上記第1の駆動電流レベルにおける割合と比較して上記のレーザダイオードが少なくとも2倍の直達光パワーを発生する第2のレベルに設定するステップ

をさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

20. 上記直達光パワー測定値をモニタすることによって上記全デュプレックス光リンクの確立を検出し、上記確立が検出された場合には上記駆動電流レベルをリセットして上記第1のレベルに戻すステップをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

21. 上記直達光パワー測定値があらかじめ定められた大きさ以上に減少していないかどうかを検出し、そのような減少が検出された場合には警告信号を発生し、これによって上記全デュプレックス光リンクを介して伝送されたデータが盗聴されようとしていることを検出するステップをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

22. 上記の駆動電流を供給するステップが

エレクトロニクスが電圧に接続され、ベースが上記デジタルデータプロセッサに接続され、コレクタが上記レーザダイオードに直結に接続されているバイポーラトランジスタを準備するステップと、

上記コレクタに接続されたキャパシタを準備し、該キャパシタによって上記コレクタを人力電圧ラインに交流的に結合させて、上記入力電圧ラインが上記レー

ザダイオードの駆動電流を供給するステップと、

をさらに有することを特徴とする請求範囲24に記載の複数のレーザダイオードの制御方法。

23. 上記レーザダイオードによって送信される高周波信号の伝送を行うようにステップとを含有していることを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

24. 上記レーザダイオードの上記の駆動電流レベルを調整するステップと、上記の駆動電流レベルを調整するためのキャリブレーション係数と、上記レーザダイオードの立ち上がり時の値とを監視データを不揮発性メモリに記憶するステップと、

上記コントローラの電圧が投入される度に、上記不揮発性メモリに記憶された上記データを参照して、上記レーザダイオードに対する上記駆動電流レベルの設定を行うステップ

とをさらに有することを特徴とする請求範囲15に記載のレーザダイオードの制御方法。

25. 複数の駆動電流を複数のレーザダイオードの各々に供給して光を発生させるステップと、

上記の各々のレーザダイオードから発生された光の光パワーを測定するステップと、

1つのデジタルデータプロセッサを準備し、1つのデジタルデータプロセッサの制御の下に、自動的に上記駆動電流を一連の値に段階的に設定し、各駆動電流の値に対して上記各々のレーザダイオードが発生する光の光パワーを測定し、各駆動電流の値に対して測定された上記の光パワーの値に基づいて上記レーザダイオードの各々についての動作特性を算出し、上記の光パワー測定値に基づいて上記レーザダイオードの各々に対する駆動電流レベルを設定するステップ

を含有することを特徴とする複数のレーザダイオードの制御方法。

26. 上記デジタルデータプロセッサに接続された不揮発性メモリを準備するステップと、

上記デジタルデータプロセッサの制御の下に、(A) 上記レーザダイオードについての上記算出された動作特性を監視データを上記不揮発性メモリに記憶し、(B) 上記駆動電流を一連の値に段階的に設定し、各駆動電流の値に対して測定された光パワーの値に基づいて上記レーザダイオードの1連の動作特性を算出し、上記の算出された一連の動作特性が上記不揮発性メモリに記憶された上記の動作

## 明 細 書

半導体レーザダイオードのバイアス制御方法とコントローラ

本発明は一般に半導体レーザダイオードに関し、さらに具体的にはレーザダイオードにバイアスを適し駆動するための制御方法とコントローラに関するものである。

図1において、100はレーザダイオード、102は従来の技術によるアナログレーザダイオードコントローラである。レーザダイオード100は前方ファセット110を有しており、そこからコヒーレント光が放射され、この放射された光は通常は光ファイバー112などの光学部品に伝送される。また114は後方ファセットである。後方ファセット114から放射された光はフォトダイオード116によって検出され、レーザダイオード100から放射された光パワーの大きさを電率的にモニタされる。一般に前方ファセット110から放出された光パワーの大きさは後方ファセット114から放出される光パワーの大きさと直線的な比例関係がある。

$$P_{\text{前方ファセット}} / P_{\text{後方ファセット}} = K$$

多くの場合、Kは1に近い値、フォトダイオード116が後方ファセットから放射に受け取る光パワーがバックグランドにいろいろ異なった値となる。従って、それぞれのレーザダイオードごとに個々に校正を行う必要がある。

通常はレーザダイオード100、後方ファセットフォトダイオード116、および出力光ファイバー112（または出力光ファイバーを保持するための機構）は共通の筐体あるいはハウジング118に一緒に取り付けられる。場合によっては、レーザダイオード100を指定された温度に維持するためにハウジング118に固体電子冷却装置を備えるようにすることもある。

図2に示されているように、レーザダイオードの直達光パワーはレーザダイオードの駆動電流に対して非線形な関数となっている。具体的には、順方向バイアス電圧を半導体レーザに印加するとき、最初の低電圧領域においては発光ダイオード(LED)に類似の発光特性を示す。このときに発光される光は自然放光光として知られている種類のものであり、光はレーザダイオード共振腔の一端からランダムに放出される。このような光放出の型は通常LEDモードと呼ば

れている。

駆動電流が小さい電流と呼ばれるある値に達すると、レーザダイオードの電流が先に駆動される駆動電流は自動的に増加する。この駆動電流を増加してレーザダイオードはLEDモード動作からレーザモード動作に移る。

通常に大抵に言えは、いろいろな種類のレーザダイオードのしきい電流は、同じ程度の値の範囲内にあるといえるが、同じ型のレーザダイオードであっても、そのしきい電流はレーザダイオードごとに違った値を有しており、また温度によって変化する。またしきい電流は温度によって増加して、また温度によって減少する。例えば、あるレーザダイオードのしきい電流は温度によって10mAあるいはそれ以上に変わる。レーザダイオードはこのように温度に対して敏感であるために、ある駆動電流が与えられたとき、ある温度においては所望のレベル以上の動作を行わぬもの、別の温度ではレーザ動作をえしなくなってしまう。

レーザダイオードがレーザモードで動作しているときすなわちしきい電流以上の駆動電流で動作しているとき、レーザダイオードの効率を示す部分特性能を定義することができる。さらに具体的に言えばレーザダイオードの部分効率は、レーザダイオードがレーザモードで動作しているとき、レーザの出力パワーの電流分の駆動電流変化分に対する比に等しい。部分効率はレーザダイオードごとに違った値を有し、また温度とともに変化する。また、経時変化を示す。

レーザダイオードの「動作点」すなわちバイアス電流 $I_b$ はレーザダイオードを使用するユーザによって、レーザ動作をする電流範囲内でも入力信号で電流を変動したときにもレーザモードを維持できる値に設定される。従って、もし入力信号の最大電流が動作点よりも4Vが低い点まで及ぶものとすると、動作点 $I_b$ は4Vよりも大きくなければならぬ。さらに、動作点は、発光フォトダイオードが駆動された光を受光するのに十分なだけ大きな値に設定されなければならぬ。かつ、動作点はレーザダイオードが破壊してしまうほど高く設定されてはならない。

図1に示す、従来技術によるダイオードコントローラ10は通常はポテンシオメータ12あるいはその他の類似の回路に結合されたアナログフィードバックループ18を有しており、これによってマニュアルでレーザの動作点の調

節を行う。通常、ユーザはレーザダイオードコントローラの電流を投入する前にフィードバックループ18の利得をあらかじめ調整しておき、発出力パワーが所望の値に達するまでマニュアルで利得を増加していく。発出力パワーは通常は前方ファセットに光ファイバー11で結合されたもう一つのフォトダイオードを用いて測定されるか、あるいはこれと類似のやり方で行われる(図示せず)。レーザダイオードコントローラ10のキャリブレーションがポテンシオメータ12を用いて行われた後に、伝送すべき信号がキャリブレーション12を介してレーザダイオードの動作電流 $I_b$ に対して設定され、かくしてレーザダイオード11の出力パワーが制御される。

場合によって、アナログコントローラは多数のポテンシオメータを用いてしきい電流、動作バイアス電流、後方ファセットフォトダイオードフィードバック制御を別個に設定するようにもなされるが、このような構成はアナログコントローラの構造を複雑にし、また高価なものになってしまう。

一般にどのようなレーザダイオードであっても、もし発出力パワーがある一定の限界を超えると破壊する。レーザモードで動作しているレーザダイオードの発出力は非常に高い頻度特性を有しているため、一般に動作点の設置している系中にレーザダイオードは極めて簡単に破壊してしまう。従って、例えば電機会社が電報信号を光ファイバーを用いて伝送するためのレーザダイオードやケーブルテレビジョンなどで用いられるレーザダイオードなどの装置に高価な多数のレーザダイオードがキャリブレーションの途中に破壊してしまっている。このような破壊はキャリブレーション用のポテンシオメータを強く回し過ぎたり、あるいはキャリブレーションを行う際の前面ファセットの出力をモニタする位置の問題によってレーザダイオードに与えられるパワーが大きくなりすぎたか、あるいはその他のいろいろな事故によって起こる。

一般にレーザダイオードのキャリブレーションを行う作業は時間がかかり高価なものであり、また、レーザダイオードは作業者のいろいろな誤った処理にさらされる。

他の従来技術のレーザダイオードコントローラにおける重要な問題は、デバイスが故障に故障する前に、コントローラがその故障をあらかじめ予知することが

できないということである。多くの半導体レーザダイオードが極めて重要な通信システムに用いられており、もしそのようなレーザが故障すると通信システム全体が壊滅してしまう。もし、レーザダイオードの寿命を正確に予知することできれば、寿命によって装置の故障が発生する前にレーザダイオードを交換する予防保守プログラムを構築することができ、システムの故障を避けることが可能となる。現在のところ、そのようなレーザダイオードの交換は、実際にまだ使用可能かどうかにかかわらず、単に一定の使用時間に基づいて行われているに過ぎない。

#### 発明の要約

本発明によるレーザダイオードコントローラは、プログラムされたデジタルコントローラを用いてレーザダイオードの動作特性を正確に測定し、また温度開始プロセスの制御とレーザダイオードの動作パラメータの設定を行う。レーザダイオードの前面ファセットから放出された光は伝送するための光として用いられ、一方レーザダイオードの後面ファセットからの光はレーザダイオードが生成する発出力パワーのモニタのために用いられる。いったん、レーザダイオードの後面ファセットフォトダイオードのキャリブレーションが行われると、コントローラは正確にレーザダイオードの動作特性のモニタを行って現在の動作特性に基づいて最適な動作点電流を設定することができる。

レーザダイオードのキャリブレーションにおいて、コントローラはレーザダイオードの発出力パワーの経時変化を駆動電流の関数としてチェックし、これによってレーザダイオードの欠陥を検出することができる。また、特定のトランジスタ駆動電流と交流信号との接続構成を高周波特性を低減するために用いる。

金デューブレックス光リンクの光リンクの利得に本発明によるデジタルコントローラを備え、リンクが完全に結合されてから後にレーザダイオードの発出力を通常の動作電流まで増加させるようにもなされている。リンクの結合が完全な状態となつてから後も、コントローラはリンクの状態が完全かどうかをモニタし続け、もしリンクが切断された場合にはレーザダイオードの出力パワーを低減する。従って、このコントローラを用いると、ユーザがうっかりレーザダイオードを目を損傷してしまうことを防止できる。さらに、コントローラは金デューブレックス

リンクを用いることによって、低い動作点駆動電流を設定し、レーザダイオードの寿命を著しく長くすることができる。

レーザダイオードの動作特性はデバイスを使用していく間に変化している状態に寿命が尽きるので、この変化をコントローラが検出することによってレーザダイオードがいつ故障するかを予知することができる。本発明によるコントローラはレーザダイオードの動作特性を不揮発性メモリに記録してこれらの特性変化を分析し、もしこの変化量があるしきい値に達したとき予知判定基準と一致すると故障警告メッセージを発生する。

#### 図面の簡単な説明

本発明のその他の目的および特徴は以下の詳細な説明および添付の請求範囲と以下の図面を参照することにより容易に理解できるであろう。

図1は従来技術によるレーザダイオードおよびコントローラのブロック図である。

図2Aは従来技術のレーザダイオードに適用した従来技術の高周波チェック回路を示している。

図3はレーザダイオードの駆動電流と動作出力パワーとの関係を示したグラフである。

図4は本発明によるレーザダイオードコントローラのブロック図である。

図5はレーザ後面ファセットフォトダイオードのキャリブレーションを行う際に、光検出器をレーザダイオードとコントローラへどのように接続するかを示した図である。

図6は金デューブレックス光リンクを示すブロック図である。

図7はレーザダイオードの特性の典型的な経時変化の例を示したグラフである。

図8はレーザダイオードコントローラの詳細な実施例における、不揮発性メモリに記憶されるデータの例を示した図である。

図9および図10は本発明によるレーザダイオードのキャリブレーションおよび立ち上げの方法を示したフローチャートである。

図11は金デューブレックス光リンクのレーザダイオードの立ち上げ方法を

示したフローチャートである。

図 1 は詳細な構成例によるレーザダイオードコントローラのユーザインターフェース表示画面を示したものである。

図 1 は本発明によるマルチチャンネルレーザダイオードコントローラを示したブロック図である。

図 3 は本発明の構成例の概要図である。

図 3 は電子冷却装置 150 の上に取り付けられたレーザダイオード 100 とトランジスタ 110 を示したものである。電子冷却装置 150 は、一定の温度で、すなわち温度制御された環境においてレーザダイオード 100 を動作させるようにするためのものである。さらに温度センサ 120 (例えば熱電対) がレーザダイオード 100 の近く、あるいは隣接して配置されており、これによってレーザダイオードの温度の測定を行うようになっている。

レーザダイオード 100 の動作はデジタルコントローラ 180 によって制御される。デジタルコントローラ 180 の中心部品は例えば 68HC11 あるいは 68HC05 (両方ともモトローラ製品である) などのマイクロコントローラ 162 である。パワー投入シーケンス制御プログラム 181 と冷却動作時のデバイスモニタ制御プログラム 182 などの、マイクロコントローラ 162 のためのソフトウェアはリードオンリメモリ (ROM) または (書き換え可能) 電圧的プログラマブルリードオンリメモリ (EPROM) 184 に格納されている。レーザダイオード 100 のデバイス特性はコントローラ 180 によって測定されて EPROM などの不揮発性メモリ 184 に格納されるが、これについては後にさらに詳細に説明を行う。

マイクロコントローラはマルチチャンネルアナログ/デジタル (A/D) 変換器 170 を用いて、レーザ温度センサ 122、後面ファセットダイオード 116、温度感度センサ 172 から生成される出力信号のモニタを行う。マイクロコントローラ 162 は温度感度センサ 172 のモニタを行い、温度感度が過大になったときにはレーザダイオード 100 のパワーを制御するようにになっている。温度感度がある一定値以上になると、通常は、電子冷却装置 150 はレーザダイオード 100 の温度を十分に低い温度に維持し続けることができる。

ダイオードの駆動電流が変動することによって生じる電流のゆらぎ効果を抑えるために、マイクロコントローラ 162 はレーザダイオードの平均動作電流の測定を行う。

多くのレーザダイオードの製造業者および販売リンク設計者はレーザダイオードへの交流信号の供給を図 1 に示されているように、駆動トランジスタ 102 のベースを介して行うか、あるいはあるいはなくば、図 1A に示したような高周波チャージ回路を用いて行うことの利点を認識するに当たっている。ある製造業者は実際に図 1A に示したような高周波チャージ回路をハードウェアレーザダイオードパッケージ内に格納させることにより、交流信号駆動ラインのキャパシタンスを低減させて高周波の結合による問題 (例えば信号の歪みなど) を低減させている。

トランジスタ 102 のコレクタをレーザダイオードの高インピーダンス駆動電圧として用いることの利点は非常に大きい。こうすると、高周波チャージは不要である。通常には、ハイブリッドトランジスタ 102 は通常「高周波トランジスタ」として知られている種の、コレクタインピーダンスが低く、また低電圧で動作する高周波等価回路が電圧となるようなトランジスタが用いられる。このような高周波等価回路を用いると高周波チャージ回路を用いた市販の最適性能のリンクよりもさらにかなり良好な性能特性が得られるものと信じられる。

「高周波」トランジスタ 102 は小さなキャパシタンスを有するばかりでなく、非常に高速な応答をするので、RC フィルタ 176 を省略して駆動スライクからレーザダイオード 100 を駆動することが非常に重要である。一般に、レーザダイオードは駆動スライクを受けると寿命が著しく短くなることが知られている。図 1 にさらに詳細に説明するように全デュープレックスリンク回路においては RC フィルタ 176 は、その RC 時間定数をおよそ 0.01 秒となるように選んでおり、これによってリンクの駆動信号レベルが時のレーザダイオードコントローラの間で伝達されることのできる程度となるようにしている。

電圧的に調整可能な (すなわち可変) 入力アンプ 184 によってレーザダイオード 100 によって発生する光信号の強度をある程度に制御する。このように、ライン 185 の D/A 変換器 180 からの制御信号は本質的に自動制御信号となっている。生成された入力信号はレーザダイ

オードの駆動ライン 188 にキャパシタンス 190 を介して交流的に結合される。入力信号の高周波デジタルあるいはアナログ信号は通常は外部で生成されてレーザダイオードコントローラ 180 に印加される。

しかしながら、本発明の 1 つの発明例においてはマルチプレックス 182 が入力信号駆動に用いられ、マイクロコントローラ 162 からのデータをデマルチプレックスを介して伝送することによって可能となるようにになっている。この目的のために、マイクロコントローラ 162 は入力駆動信号をライン 190 を介してマルチプレックス 182 に送ってその制御を行う一方で、伝送すべきデータをライン 190 を介してマルチプレックスの入力ポートの 1 つに送る。このような構成は本発明におけるある実施例において、対称デュープレックスリンクコントローラによって、光リンクを介して情報を伝送するために用いられる光のパワーを可能な限り小さくするために用いられている。これについては後にさらに詳細に説明する。

電子冷却装置 150 の冷却装置は冷却装置 150 を流れる電流に依存する。この冷却装置を流れる電流の制御は、マイクロコントローラ 162 からデジタル制御信号を D/A 変換器 180 に送り、さらに D/A 変換器 180 はこの制御信号をアナログ信号に変換してライン 188 を介して冷却装置 150 に送ることによって行われる。

また、固体電子冷却装置 (TEC) 150 の制御は、レーザダイオードのハウジング (図 1B) の中に配置されたサーミスタ 152 またはその他の温度検出装置からのフィードバック信号を用いてコントローラユニットによって行われる。レーザダイオードの寿命が尽きるまでの間、レーザダイオードをある特定の温度に保持し続けるようにコントローラの設定はなされる。

アナログコントローラを用いた場合には、一般には動作温度を決定するのは困難である。さらに、アナログコントローラは、温度をある程度に維持することができないような条件下となった場合でさえも、なお規定された温度を維持しようとして最大電流を流し TEC 150 を過熱させてしまうことが知られている。

本発明によるデジタルコントローラは温度制御の環境に関するこのような問題を次のように解決している。すなわち (1) TEC の動作が温度制限を許すように、また全体を過熱して冷却し続けることよりも、安定化を行うようにレーザダイ

オードの駆動ライン 188 にキャパシタンス 190 を介して交流的に結合される。入力信号の高周波デジタルあるいはアナログ信号は通常は外部で生成されてレーザダイオードコントローラ 180 に印加される。

しかしながら、本発明の 1 つの発明例においてはマルチプレックス 182 が入力信号駆動に用いられ、マイクロコントローラ 162 からのデータをデマルチプレックスを介して伝送することによって可能となるようにになっている。この目的のために、マイクロコントローラ 162 は入力駆動信号をライン 190 を介してマルチプレックス 182 に送ってその制御を行う一方で、伝送すべきデータをライン 190 を介してマルチプレックスの入力ポートの 1 つに送る。このような構成は本発明におけるある実施例において、対称デュープレックスリンクコントローラによって、光リンクを介して情報を伝送するために用いられる光のパワーを可能な限り小さくするために用いられている。これについては後にさらに詳細に説明する。

電子冷却装置 150 の冷却装置は冷却装置 150 を流れる電流に依存する。この冷却装置を流れる電流の制御は、マイクロコントローラ 162 からデジタル制御信号を D/A 変換器 180 に送り、さらに D/A 変換器 180 はこの制御信号をアナログ信号に変換してライン 188 を介して冷却装置 150 に送ることによって行われる。

また、固体電子冷却装置 (TEC) 150 の制御は、レーザダイオードのハウジング (図 1B) の中に配置されたサーミスタ 152 またはその他の温度検出装置からのフィードバック信号を用いてコントローラユニットによって行われる。レーザダイオードの寿命が尽きるまでの間、レーザダイオードをある特定の温度に保持し続けるようにコントローラの設定はなされる。

アナログコントローラを用いた場合には、一般には動作温度を決定するのは困難である。さらに、アナログコントローラは、温度をある程度に維持することができないような条件下となった場合でさえも、なお規定された温度を維持しようとして最大電流を流し TEC 150 を過熱させてしまうことが知られている。

本発明によるデジタルコントローラは温度制御の環境に関するこのような問題を次のように解決している。すなわち (1) TEC の動作が温度制限を許すように、また全体を過熱して冷却し続けることよりも、安定化を行うようにレーザダイ

イオードの動作温度を決定する。(2) ソフトウェアによって、レーザダイオードの通常の動作と、パワー前導モード動作（すなわち、レーザダイオードをより低い出力パワーで動作させる）との温度境界を設定し、動作条件が通常の動作の温度範囲から逸脱してしまったときには、パワー前導モードで動作させ、レーザの劣化したり寿命が縮まってしまうのを防ぐ。さらにTBCの駆動電圧も、あらかじめ決められたTBCが動作を越えない最大値以内に制限されてTBCが破損しないようになっている。

ASC11部にあるいはデスクトップコンピュータ202などの外部デバイスへマイクロコントローラ102を接続するため、RS202入出力ポート200が備えられている。コンピュータ202はEEPROM106に保存されているデータを読み取り、レーザダイオードの駆動電圧、駆動出力パワーなどのパラメータをマイクロコントローラ102に設定することができる。また、RS202ポート200は後面ファセットフォトダイオード110の初期キャリブレーションを行う際に用いられる。これについては後述に詳細に説明を行う。

デジタルコントローラはしばしば、ある種のホストコンピュータの光ファイバデータリンクを駆動するために用いられる。このような場合には、リンクはホストコンピュータのサブシステムと考えることができる。また、RS202ポートはホストコンピュータシステムがデータリンクサブシステムと通信を行うのに用いられる。リンクの状態、レーザダイオードの経時劣化などの情報はホストコンピュータシステムに対して送付されているモニタソフトウェアメニューに集められる。また、ホストコンピュータはリンクに対してセルフテスト、自動リセットなどの各種の機能の制御を行うように指示することもできる。

フロントパネルのLEDの組204がマイクロコントローラ102に接続されており、コンピュータ202をマイクロコントローラの電源ポート200に接続しなくとも、これらのLEDによってレーザダイオード100の状態がわかるようになっている。具体的に、緑のLEDは通常の動作状態を示し、また黄色のLEDはマイクロコントローラ102がレーザダイオードの立ち上げ処理を行っている最中であることを、また赤のLEDはレーザダイオードが故障したか、あるいは交

換する必要のある状態となっていることを示す。

#### 受信チャンネル

本発明の1つの好適な実施例は金デュプレックス光チャンネルへのコントローラの適用である。この場合にはコントローラ100は次に説明する受信チャンネル208にも接続される。しかしながら、本発明の多くの特徴は1方向レーザチャンネルに対しても適用できるものである。

受信チャンネル208は通常の通信の光ファイバを用いて人力またはリンク202を有している。光リンク202によって伝送されてきた光はフォトダイオード204によって電気信号に変換される。この電気信号は減衰された信号は直交成分と交差成分の両方を含んでおり、ライン204に送られる。受信信号の中の交差成分はキャパシタ230によって直交成分から分離され、さらに可変増幅器232によって増幅されてから、その後のような信号処理が必要であるにしろ、ライン204を介してコントローラ100の外部デバイスへ伝送される。

交差信号増幅器232の利得はマイクロプロセッサ102によってD/A変換器100を介して制御される。具体的には受信信号増幅器232の利得はマイクロプロセッサ102にあらかじめ設定されたデジタル最大値に対応した公称増幅電圧に設定される。その後、もし受信信号の交差成分（後に説明するピークディテクタ206で測定される）が正常値より小さいことが判明したときには増幅電圧の利得が増大され、また受信した信号が正常値より大きいときには利得が減少される。

受信した受信信号の直交成分は直交増幅器240を用いてモニタされる。こうして、ライン208の直交信号レベルが測定される。この測定された値はマイクロコントローラ208へA/D変換器170を介して送られる。ライン208の交差出力信号の大きさはピークディテクタ242を用いてモニタされ、交差信号の大きさが測定される。

レーザダイオードの自動立ち上げおよび後面ファセットフォトダイオードの初期キャリブレーション

図3、4、5に照準して、レーザダイオードコントローラの電源を投入してレ

ーザダイオードを立ち上げる際に考慮すべき物理的状況がある。

第1の考慮すべき状況は図3に示されているように、レーザダイオード100がその出力を送り出すときの出力光についての情報がないということである。従って、後面ファセットフォトダイオード110からのフィードバックがあるのみで、それ以外にはレーザダイオード100の動作をフィードバックするものがない。このような状況においては、コントローラの制御ソフトウェアは後面ファセットフォトダイオードの特性と、そのレーザダイオードとの結合特性がどのようなものであるかを先験的に知っている必要がある。

第2の考慮すべき状況は、図4に示されているように、コントローラ100およびレーザダイオード100を初めて電源投入しようとする際に起こる問題である。この状況下では、光強度計250が、通常、光ファイバ112を介してレーザダイオードの前面ファセットに結合されている。レーザダイオードのキャリブレーションを行う際、光強度計はレーザダイオード100の出力に結合されているとともに、コンピュータワークステーション208にも結合されている。コンピュータ202はさらにコントローラの通信ポート204に結合されている。

即座に駆動においては、光強度計250でレーザダイオード100の光出力をモニタしながら、光出力パワーを指定されたレベルに達するまで上昇させる。昇速には、このレベルは10である。光出力パワーの測定値がこのレベルに達すると光強度計から信号がコンピュータ202へ送られる。するとコンピュータ202は対応するノイズをコントローラのマイクロコントローラに通信ポート200を介して送る。こうして、コントローラ100は前面ファセットからの光出力パワーがあらかじめ決定された一定レベルになったときに、後面ファセットフォトダイオードの読みかどできるようになるかを求める。

後面ファセットと前面ファセットの光出力パワーの比は個々のレーザダイオードごとに異なっている。しかしながら、この比は1つの特定のレーザダイオードに対しては定数となるので、レーザダイオードの後面ファセットフォトダイオードのただ1点の測定を行うのみで、レーザダイオードのすべての線形的な応答を求めることができる。測定されたキャリブレーションの値、すなわち前面ファセットからの光出力パワーが10になったときの後面ファセットフォトダイ

オードの対応する測定値はコントローラの不揮発性メモリ106に記憶される。この測定値を基にして、コントローラはフォトダイオードの前面ファセットからの光出力パワーを以下のように求めることができる。

パワー（前方ファセット）= パワー（後方ファセット）/ K

ただし、パワー（前方ファセット）の単位はワットであり、またパワー（後方ファセット）はフォトダイオード110を流れる電流の値をA/D変換器170によってデジタル値に変換した値であり、Kは不揮発性メモリ106に記憶されたレーザダイオードの後面ファセットに対するキャリブレーション値である。

レーザダイオードパッケージによってはレーザダイオードの光出力に対して後面ファセットフォトダイオードが物理的な応答を示さないものもある。この場合にはコントローラはフォトダイオードの測定値とレーザダイオードの出力パワーとの関係を示すために適切な経験的方程式、例えば2次あるいは3次多項式を用いてプログラムされる。このような方程式の係数を決定するには後面ファセットフォトダイオードの測定値と前面光出力パワーとの間の関係は、与えられる動作範囲にわたる数値（通常は1点から12点）についてキャリブレーションを行うことが必要である。

第3の考慮すべき状況は図5に示されているように、2つの互いに接続されたレーザダイオード200、210を有する金デュプレックス光リンクに関するものである。すなわち、各々のレーザダイオードはそれぞれのデジタルコントローラ202、212を有しており、レーザダイオードのそれぞれの光出力ポート204、214は他方のレーザダイオードの受信ポート206、210に光ファイバ208、218を介して結合されている。

これらの8つの状態の各々に対する監視回路についての図8、9、10に示したフローチャートも参照しながら以下を行う。

レーザダイオードの重要な特徴は、たとえばデバイスに過大な電圧を流したり、あるいは過大な電圧にさらし続けたりしなくとも、デバイスの特性が使用している間に時間とともに劣化している、結局最後には故障してしまうということである。図6はレーザダイオードの典型的な材料劣化を対数曲線で示したものである。すなわち、動作条件も一定として駆動電流の測定値を時間的変数として示したもの

である。図からわかるように、一定のレベル（例えば10V）の光出力パワーを発生するために必要な駆動電流は、レーザダイオードを使用した時間が増えるにつれて増大する。通常は、最初の1000時間のレーザダイオードの動作範囲においては、必要駆動電流の増加は非常にわずかである。また、数万時間の動作まででは許容範囲内の増加が見られるに過ぎない。一方、故障領域においては必要駆動電流は急激な増加を示す。

規定データは図7に示されているようにコントローラ100の不揮発性メモリ108に保存され、これによってレーザダイオードコントローラの特定の真値例においては、レーザダイオードがいつ故障するかを予測し、デバイスが故障に陥る前にマイクロコンピュータに対してレーザダイオードを交換する必要があることの警告を発生することができる。具体的にはあらかじめ記憶されたレベルの光出力パワーを発生するのに必要な駆動電流がデバイスが新しい最初のときに必要とした駆動電流のレベルよりも、比較する規定初期の真値例に関する値を行って該の真値例に関して、あらかじめ記憶された割合（例えば10%）以上に増大したとコントローラが判断したときには、デバイスの故障が差し迫っており、コントローラ102は警告メッセージを発生する。

図7に示されているように、不揮発性メモリ108のメモリアドレスはマイクロコントローラ102によって生成され、レーザダイオード3の後面ファセットキャリブレーション回路（スロット330）、レーザダイオードを最初に電源投入した時のレーザダイオードのデバイス特性規定値（スロット332）、動作時間がそれぞれ10、100、1000、10000時間経過したときのデバイス特性規定値（スロット334、336、338、340）、レーザダイオードの動作時間数（スロット342）を記憶するのに用いられる。さらに、レーザダイオードを動作させている間、デバイス特性の測定がコントローラによって周期的に（例えば動作時間10時間ごと1回）行われ、このデバイス特性の最新の測定値は不揮発性メモリ108のスロット348に保存される。デバイス特性の測定値はレーザダイオードのしきい電流値の測定値、10Vの光出力パワーを発生するのに必要な駆動電流、およびその測定が実行された時のレーザダイオードの動作電圧の一意の測定値から成る。また不揮発性メモリ108のスロット348にはレーザ

ダイオードの駆動電流、動作電圧および駆動パワーについての規定値が記憶されている。

レーザダイオード100が製造されたばかりの最初においてはEEPROM108はまた何のデータも有していない。

図8および図9において、レーザダイオードコントローラは、その電源が投入される度に、レーザダイオードにパワーを供給する前に電源投入シーケンスプログラム390に基いて自動立ち上げシーケンスを実行する。この立ち上げシーケンスの間、フロントパネルのLEDが点灯し、レーザダイオードの立ち上げ処理が完了していることを示すようになっている。

コントローラは、電源から供給される電圧を監視することによって電源174の安定性をチェックし、その値が落ちるまで、それ以後の処理を行わずに待機する（ステップ400）。

もし、レーザダイオードが電子冷却装置（ステップ402）を具備した高性能レーザダイオードである場合には、コントローラは電子冷却装置の電源を投入し、レーザダイオード温度センサの測定範囲が、そのレーザダイオードに対して規定された目標温度に安定するまで待機する（404）。次に、コントローラは背景温度制御ルーチン404を実行して、レーザダイオードの温度が規定された値を維持するようにTBCの駆動電流を定める。好適な領域においては、目標制御ルーチンはTBCの駆動電流が、あらかじめ定められたTBCが破壊することなしにいつまでも動作することが可能なレベルよりも過大とならないように制御して、TBCの破壊を防ぐ。もし、TBCがレーザダイオードの温度を規定された目標温度近くに維持することができない場合には目標制御ルーチンによってコントローラは強制的に光出力パワーをあらかじめ定められた割合、例えば25%だけ低減させ、それによって熱の発生量を少なくして、レーザダイオードの寿命が短まってしまうのを防止する。あるいは、温度制御ルーチンは、よう過ぎた動作条件が再スタートされるまで単純にレーザダイオードサブシステムの動作を停止させる。

次にマイクロコントローラは不揮発性メモリ（EEPROM）108にアクセスしてそのメモリにキャリブレーション値が記憶されているかどうかを調べる（ステップ406）。もし、キャリブレーション値が記憶されていないとすれば

それにレーザダイオードを初めて電源投入することを意味するので、次のステップに進んで光強度計が図4に示されたような物理的故障状態によってレーザダイオードの出力に結合されているかどうかを判定する（ステップ408）。この、光強度計が結合されているかどうかの判定は通信ポート200を介してメッセージを送ることによって行われる。もし、光強度計が正しく結合されている場合には、コンピュータ300から送信するメッセージが返されてくる。

もし、光強度計がレーザダイオードに結合されていない場合には、電源投入初期プログラムは後面ファセットダイオードのキャリブレーション値としてデフォルト値を用い、キャリブレーションステップ410は再び過される。デフォルト値として用いられるキャリブレーション値としては同じ種類のレーザダイオードおよびファットダイオードに対する「平均値」が採用される（412）。このようなことは許容できることではあるが、本発明のいくつかの実例においては、もしレーザダイオードがまだキャリブレーションされていない場合には、光強度計が結合されてキャリブレーションが可能となるまでレーザダイオードの動作を行わないように、コントローラの立ち上げシーケンスプログラムが変更されている。

キャリブレーション（ステップ410）においては、光強度計の指示が光出力パワーがあらかじめ定められたレベル、例えば1μWに達するまでゆっくりとレーザダイオードの駆動電流を増加していく。典型的には、駆動電流は例えば10mAのような電圧レベルから開始して非常にゆっくりと例えば100μAまで増加していく。その際、駆動電流の最大上限を例えば50mAというように定めておく（もし必要ならば、監視調整を行った最大値を用いる）。光強度計からの信号が受信されると、駆動電流を一定値に保持し、その間に後面ファセットフォトダイオードの電流値を測定し、この測定値を不揮発性メモリ108のロケーション338にキャリブレーション値として保存する。こうして、後面ファセットフォトダイオード電流と前面ファセット光出力パワーとの比が定められる。もし、後面ファセットフォトダイオードが故障等である場合には、さらに測定を行って、後面ファセットフォトダイオード電流と前面光出力パワーとの間の関係を定値とする非線形方程式の係数を計算する。

次に、レーザダイオードのデバイス特性を測定するためのルーチンが呼び出さ

れる（ステップ414）。このルーチンを図9に示し、以下に説明を行う。このルーチンはレーザダイオードの光出力パワーを駆動電流のある範囲にわたって測定し、レーザダイオードの瞬時効率、しきい電流、およびあらかじめ定められた例えば10Vの光出力パワーを得るための駆動電流を算出する。

電源投入立ち上げシーケンスルーチンのステップ416において、レーザダイオードのしきい電流、あらかじめ定められた光出力パワーレベルに必要な駆動電流が、現在の動作モードとともにEEPROMの適切なロケーションに記憶される。もし、これからのレーザダイオードの電源投入をするモードであれば（これは、ロケーション332が設定であるかどうかを調べることによって判定できる）、これらの値はロケーション332に記憶される。そうでない場合にはEEPROMのロケーション348に記憶される。

次に、ステップ418において、ステップ414で測定されたデバイス特性値があらかじめ定められた1組のデバイス効率判定基準と比較される。例えば、1つの好適な真値例においては、デバイスの効率判定基準はあらかじめ定められた光出力パワーを得るのに必要な駆動電流が、必要な温度補正を考慮に入れて当初（デバイスが新しくなったとき）の駆動電流よりも10%以上大きくなったことと定義される。この判定基準が成立した時には、デバイスの故障が差し迫っていると考えられるので、コントローラのフロントパネルの故障表示LED204が点灯し、また故障予報メッセージがコントローラの出力ポート300を介して送られる。

レーザダイオードがまだ故障していないものと仮定すると、コントローラによってレーザダイオードの駆動電流が通常の動作に必要なレベルまで増大される（ステップ420）。このレベルは通常はある特定の直流出力パワーレベルとして規定される。この必要駆動電流は、すでにステップ416において定められたレーザダイオードのしきい電流と瞬時効率とを用いて算出される。さらに、後面ファセットフォトダイオードを流れる電流を測定してその測定値をそのレーザダイオードに対するキャリブレーション値を用いてスケールングすることによって出力パワーがチェックされ、その結果もし必要ならば駆動電流を調整する。すると、フロントパネルの「正常動作」を示すLEDが点灯し、「温度準備完了」メ



ッリンクがホストコンピュータ202に通信ポートを介して送られる。この「送信準備完了」メッセージによってホストコンピュータは、レーザダイオードに結合された光リンクが通信動作を行う準備ができたことを知ることができる。

レーザダイオードが通信動作を開始した後、ステップ414から419が間断的に（例えば動作時間10時間ごとに1回）反復実行されて（ステップ422）コントローラはレーザダイオードの動作性のモニタを行う。これらの周期的な検査チェックデータはEEPROM218の適当なロケーションに格納し、ホストコンピュータ202が、この保存された検査データを検索・解析することができるようにする。

図9を参照する。レーザダイオードのデバイス特性の測定ルーチン（図8に示されたプログラムのステップ414において呼び出される）がステップ440において実行されて、LEDモードにおけるレーザダイオードの発出力パワーの幾分特性の測定が行われる。これを行うために、レーザダイオードの駆動電流は、最初の例えば5mAの低い値からゆっくりと増加されて10mA増加するごとに発出力パワーが測定されて、発出力パワーの幾分（例えば）が算出される。また、発出力パワーはすでに述べたように背面ファセットフォトダイオードを用いて測定される。このシーケンスは、発出力パワーの幾分値がレーザダイオードがレーザモードに入ったことを示すまで続けられる。

ステップ442において、レーザダイオードの駆動電流は発出力パワーの測定を行いながら、小さなきびきびと増大され、4点あるいはそれ以上の測定点において、実際にレーザダイオードがレーザ動作を行っていることを示す発出力パワーの幾分値が測定値として得られるまでこの駆動電流が増加される。このときの発出力パワーの幾分値はすなわち現在の動作温度におけるレーザダイオードの幾分効率を測っている。

次に、ステップ444において、LEDモードにおける発出力パワーラインとレーザモードにおける発出力パワーラインとの交点を求めることによってレーザダイオードのしきい値が求められる。さらに、レーザモードにおけるレーザダイオードの幾分効率を用いて、あらかじめ定められた発出力パワー、例えば1Wを得るのに必要な動作電流が算出される。

においては、光リンクへのデータ伝送の邪魔にならないように、直接駆動電流の測定は、駆動電流の範囲内でのみ実施される。この測定値の範囲は直接駆動電流をわずかに、例えばすでに測定されているバイアス点に対して10mAだけ変化させるだけで済み、これによってコントローラはレーザダイオードの幾分効率を再計算することができる。またレーザモード特性と以前に測定されたLEDモードの特性曲線との交点を求めることによってしきい値を決定することができる（図2を参照）。あるいはさもなければ、他の実施形態では、定期的なセルフテストを実施する直前にコントローラからメッセージをR202ポート204を介してホストコンピュータ202に送り、データ伝送をセルフテストが終了するまで中断するように伝える。

#### 全デュプレックスリンクの立ち上げ

全デュプレックスリンク（図8の全デュプレックスリンクを参照）に対する電源投入立ち上げシーケンスは少々異なっている。具体的には、レーザダイオードの駆動電流を初期動作電流まで増進させるステップである図8のステップ420が、全デュプレックスリンクの場合には図10に示したシーケンスステップに置き換えられる。

レーザダイオードは通常人間の目には見えない非常に高輝度のコヒーレント放射エネルギーを放出する。もしレーザダイオードの出力が眼に入ると目には見えていないと、このエネルギーによって人間の目が傷つけられる。全デュプレックスリンクでは、レーザダイオードの通常の動作を開始する前にリンクが完全な状態にあることを本発明のデジタルコントローラを用いて保証することができる。

具体的には、立ち上げデバイス測定が実施され、さらに図8のステップ418が実行されたところで全デュプレックスリンクの電源投入立ち上げシーケンスプログラムは図10のステップ470に進む。ステップ470においては、レーザダイオードのデバイス電流は、最初は出力が通常動作時のパワーよりもずっと小さくなるように、例えば通常動作パワーの10mA（例えば、200mWの通常出力に対して20mA）に設定される。この最初の出力レベルは、図6に示されている2つのコントローラ202、312が全デュプレックスリンクの完全なテスト

コントローラを用いてさらにレーザダイオードのパッチについて製造業者が完全には行っていない品質保証検査を履行するようにすることも可能である。通常はレーザダイオードが初めて電源投入されるときにのみ、さらに3つの品質保証検査が実施される。

もし、さらに品質保証検査が可能であれば（ステップ440）、ルーチンは、まず最初にすでに測定されたすべてのパラメータがあらかじめ定められた正常動作範囲内に入っていることをチェックする（ステップ448）。もし、正常範囲内に入っていない場合には「デバイス故障」のメッセージがホストコンピュータ202に送られ、フロントパネルにデバイス故障を示すLEDが点灯する（ステップ450）。

もし、最初の品質保証検査が通過した場合には（ステップ448）、ルーチンは次にレーザダイオードの動作性のチェックを行う。これはすでに測定された幾分効率値を用いて、通常動作範囲のすべてにわたる、例えば0.5mWから40mWの発出力パワーを算出するのに必要な電流範囲内で、レーザダイオードの駆動電流を段階的に増加することによって行われる。各々の駆動電流に対して発出力パワーが背面ファセットフォトダイオードを用いて測定され、次にこれらの測定値のすべてが1次の積上に集まるかどうかがチェックする（ステップ454）。この動作性のチェックは、最小白黒法を測定データに対して適用して測定データと最もよく合致する線を探し、さらにこの線から各測定点までの距離を求めることによって行われる。もし、この線から測定点までの距離があらかじめ定められた値よりも大きくなったとすれば、特に最大品質出力パワーにおいてそうなったときは、ダイオードが損傷（例えばデータライン欠陥）を受けている可能性があり、デバイス故障メッセージがホストコンピュータ202に対して送られる（ステップ458）。もし、レーザダイオードの測定結果が動作性テストを通過したことを示している（454）、「デバイス良好」メッセージがホストコンピュータに対して送られる。

図8のステップ422に続いてレーザダイオードの特性の再測定を行う際に、レーザダイオードのLED動作モード特性はそのレーザダイオードの再命の開始とほとんど変化しないのでステップ448は省略される。さらに、好適な実施形態に

を行うのに十分な大きさになるように測定される。ここで指摘しておくべきことは、リンクは、たとえ数個のものでも信頼性のものであって、その光損失を予想可能な程度に小さく値とする（すなわち、発生された光が光ファイバー308または310を伝送するときに生じるパワーの損失を小さくする）ことが可能であるという点である。また、図8のコントローラ302、312は両方ともが断り電源投入立ち上げシーケンスルーチンを実行する。すなわち、図10のステップが2つのコントローラによってほぼ平行して実行される。

レーザダイオードを低出力レベルでパワー投入を行った後に、コントローラは受信ポート308で受信される光パワーの電流成分の測定を行う（ステップ472）。もし、リンクが完全なものであって、また他の方のレーザダイオードの電源投入がなされていれば、完全なリンクに対応した十分に大きな光パワーが受信される（ステップ474）。もし、受信された光パワーが必要なレベルに達していないならば、このことはリンクが完全な状態ではないか、あるいは他の方のレーザダイオードがまだ電源投入されていないかのどちらかであることを意味する。どちらの場合であっても、ルーチンは待機時間経過後（ステップ478）、ステップ472および474を光リンクの状態が完全となるまで反復繰り返して実行する。

リンクが完全な状態となつてから、レーザダイオードの駆動電流が通常動作に必要なレベルに達するまで増大される。過剰保持した後、コントローラはさらに受信ポート308で受信される光パワーの電流成分を再度測定する。リンクの両方のデバイスが動作しているものと仮定し、もし、どちらかの受信値が相当の時間内に（典型的には100ms以内に）動作全パワーを放出できていないときはシステムはステップ470にリセットされて、リンクの立ち上げ処理を再び開始する。

あるいは他の形態においては全デュプレックスリンクの最初の送信の際には全パワーの5%で出力リンクに送信を行い、入力リンクに基準レベル以上の信号が受信されると、次に最初のレベルからわずかに高く、かつ全パワーよりはずっと小さい例えば全パワーの10%のレベルまで増大される。このとき、もし入力リンクの受信光強度も同様の量が増大したならば、出力リンクは完全な状態

になっているので出力リンクを全パワーまで増大してデータ伝送を行うことが可能である。この実施形態による手続では全デュプレックスリンクの両方のリンクの完全性が確実に確保されるまでは全パワーでの伝送は行わない。

またコントローラは、あらかじめ定められた「理想的な」受信全パワーレベルと実際に受信された伝送全パワーレベルとの比を算出する。ここで留意すべきことは、通常動作時の出力パワーを半減させると、レーザダイオードの有効寿命はおよそ倍に長くなるという点である。従って、「理想的な」受信全パワーは典型的には比較的低いパワーレベル例えば 7.5 dBm に設定される。いずれにせよ、算出された比はコントローラによって先リンクを介して送られる。このようなメッセージを送信することの目的は、リンクの他の一方の側のコントローラにそのレーザダイオードの出力力をどのように調整すべきかを知らせるためである。ほとんどの状況においては、こうすることによってコントローラはこのような手続を用いなかった場合と比較して非常に低い出力パワーで伝送することが可能になる。従って、使用するレーザダイオードの寿命を半減に長くすることができる。この手法を用いるとこの手法を用いないときと比較して全出力パワーが小さいという明白な、このようなパワー調整を行わないシステムでは「最悪の場合」においても対応することができるようになる。従って、そのようなシステムでは、通常の場合はほとんどの場合においてリンクが故障にはならず低い出力レベルで正しく動作できるとしても、いろいろな悪い環境条件下においてリンクが動作できるように、十分に大きな出力パワーを発生しておく必要がある。

1つの好適な実施形態においては、このような伝送はレーザダイオードの伝送レベルを 10 あるいは 20 ビット/秒のような比較的遅い速度で調整する（すなわち、図 3 に示されたライン 178 の信号を生成する）ことによって実施される。すべてのメッセージは高々 16 ビット程度の長さしか必要でない（例えば 5 ビットの同期ビットと、8 ビットの比の値、それに 3 ビットのエラー修正符号）、このように遅いデータ伝送速度を用いていても、このプロセスは高々 10 秒程度の低待機しか必要としない。データ伝送をこのように遅い速度で行う理由は、レーザダイオードがすでに説明したような比較的長い安定性を有する R C 回路 178

によって伝送全エネルギーの一部をファイバーの散逸部分から漏れ出るようにすることによって比較的容易に監視することが可能である。ファイバーの曲げられた部分から漏れ出てくる光は極端な光および電子光検出器を用いて検出することが可能であり、こうして伝送データの完全性が保たれることになる。本発明によるコントローラは、いったん先リンクの完全性が確立された後において、受信全パワーの減少を検出するようにプログラムすることが可能である。例えば、すでに確立された受信伝送パワーレベルと比較して 5 dB 以上の減少を検出するようにコントローラをプログラムしておき、そのような変動が検出されたときにはメッセージをホストコンピュータに対して送るようにすることができる。このメッセージによってシステムもまた先リンクの完全性が保たれたかもしれないことを知らせる。

#### ユーザインターフェース

図 3 および 11 を参照する。コントローラのソフトウェアの 1 つとしてユーザインターフェースルーチン 312 があり、このルーチンによってユーザはホストコンピュータ 20 を介してコントローラの状態情報にアクセスし、コントローラの不揮発性メモリ 16 に記憶されているデータを見ることが出来る。また出力パワー（すなわち、レーザが発生すべき出力パワーが何であるか）、また、もし電子冷却装置と結合されている場合にはレーザダイオードの温度、および伝送信号の高レベルパワーを制御するためのアテネータの設定値、などの各種のパラメータをセットおよびあるいはリセットすることができる。

図 11 はユーザインターフェースルーチン 312 がホストコンピュータの表示装置上に表示した表示画面を示したものであり、レーザダイオードのパラメータを変更するのに用いられるコマンドが表示されている。表示された「X X, X」の値は A/D および D/A 変換器のカウント値を反映することによって算出された設定値である。表示された「Z Z Z」の値は A/D 変換器の生データ値であり、「Y Y Y」の値は D/A 変換器の生データ値である。表示された「S, S, S」の値は、6 秒の単位で表した出力パワーおよび高レベル伝送パワーと、従来の単位で表した速度についての設定設定値である。

図 2 に示された領域内の表示項目はキーボードから C T R L > O のコマンドを

を通じて実際に電源スイッチを閉じることによって停止する必要からである。

他の実施形態においては、このような伝送は、マルチプレックス 102 を用いてデータを送ることによって実施される。こうすることによって、もっとずっと高速度の例えば 100 Mbit/s でデータ伝送を行うことができる。しかしながら、この実施形態においては、コントローラはどのようなメッセージを送信するためのデータ伝送回路（送受信器）を受信チャンネルに対していることが必要であり、コントローラはかなり高価なものとなる。

前述の実施形態においては、伝送パワーの調節が必要でない場合における伝送比率が 100 と定義される。伝送比率が 100 以上である場合には、X を伝送比率を 100 で割った値であるとするとき出力パワーを X だけ増大する必要が有る。値が 100 以下である場合には出力パワーを減少させる必要があり、理想的な出力パワーは現在の出力パワーを X 倍してさらに 100 で割った値である。

いずれにせよ、コントローラがパワー比率メッセージをリンクを介して送っているとき、これとほとんど同時にリンクの他方の側のコントローラも同じことを行っている。従って、コントローラは出力パワー比率に関する対称的なメッセージをリンクの他方の側のレーザダイオードコントローラから受信する（ステップ 44）。すると、コントローラは受信したパワー比率に応じてその出力パワーを以下のように調節する。

新たなパワーレベル = (旧のパワーレベル) × X / 100

さらに、コントローラの伝送データアテネータ 184 の制御回路を制御を行い、データ伝送の実際の値がほぼ以前の状態と同じになるようにされる。

この時点で、リンクの両方の側のコントローラは、両方ともリンクを介してデータ伝送を行うことが可能な状態となる。

最後にコントローラは受信された信号の伝送成分の伝送の放散量をモニタしながら、検出された信号が受信されるのを待っている。いったん、伝送が開始されるとコントローラは受信した信号の伝送成分の伝送の面を待っている。もし必要ならば受信チャンネルの増幅器 22 の利得を調節して確実にデータ伝送ができるようになる（ステップ 48）。

先リンクを介して伝送されるデータの確実な伝送に関しては、先パワーを伝

入力することによってオプションとして表示することが可能な項目である。この領域内のいくつかのパラメータは、表示の下半分のメインメニューの中の「メニュー」を選択し、表示されている値を図 11 に示されているコマンドを用いて増減させることによって変更することが可能である。

表示装置に表示されている 3 つの設定点はメインメニューの中の「設定点」を選択し図 11 に示されたコマンドを用いてユーザが設定点を増減することによって変更することができる。

メインメニューの中のデバッグコマンドを選択すると、図 11 に示されていない新たな表示画面が現れて、デバイスの印刷電圧、および E E F R O M に記憶されているデータの値が表示され、ユーザはレーザダイオードの初期立ち上げデータを見ることが出来る。このようにデバッグコマンドは金として製造業者が新しいレーザダイオードの最初のテストを行う際、およびレーザダイオードが故障テスト中に故障してしまったり、古くなったりあるいはその他の理由で機能しなくなってしまうときの修理のために用いられる。

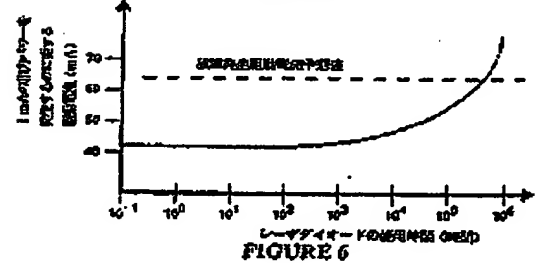
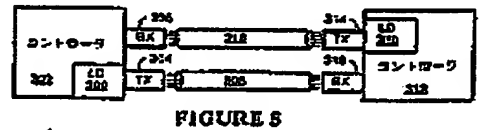
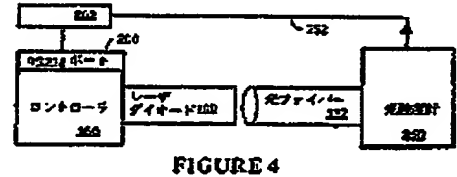
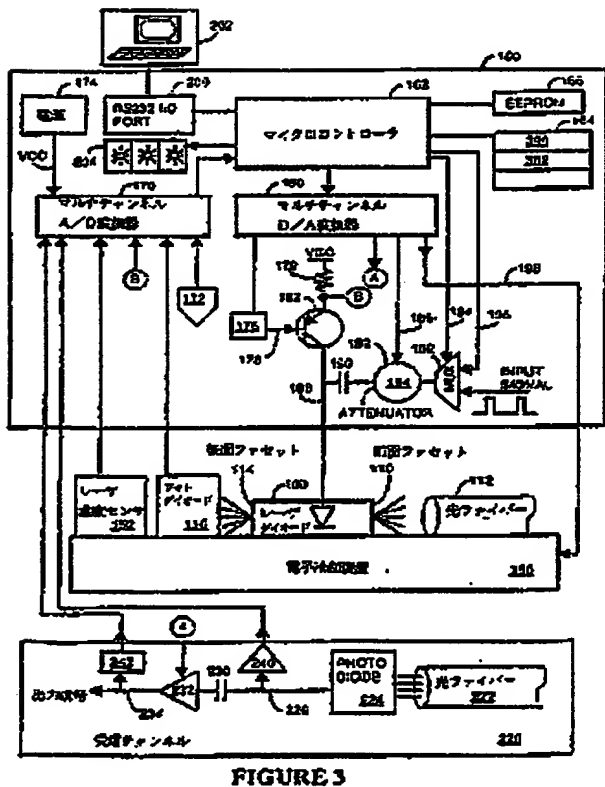
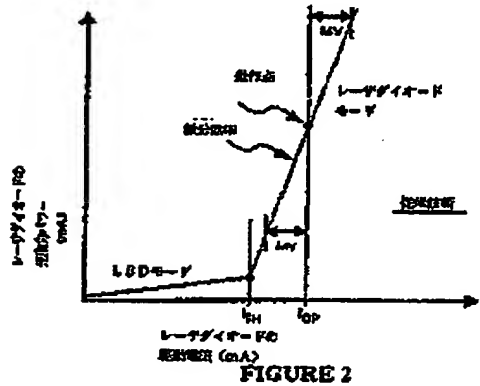
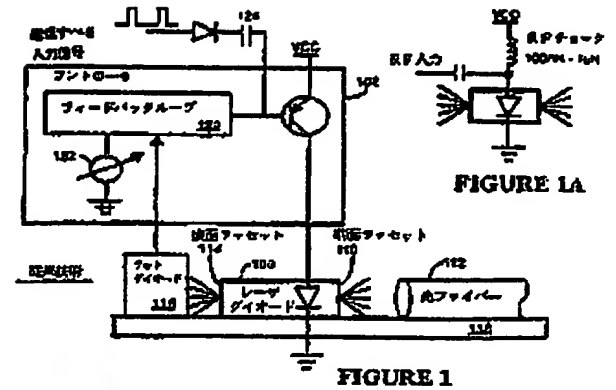
#### その他の実施例

ここでは他のレーザダイオードでは、後面ファセットはアルミニウムなどの反射性材料で被覆されており後面ファセットをデバイスの出力パワーのモニタのために用いることが不可能であることを指摘しておくことは重要である。このようなレーザダイオードでは、前面ファセットからレーザダイオードのパワーの一部を分岐させてモニタ用フォトダイオードに供給する。典型的にはビームスプリッタを前面ファセットに接続するあるいはその近傍に置いてフォトダイオードに結合させ、レーザダイオードの出力の一部を分岐して供給する。このようなレーザダイオードとフォトダイオードの構成は典型的には先の好適な実施形態による伝送と等価である。従って、「後面ファセットダイオード」という用語はさらに一般に「レーザダイオードの出力パワーをモニタするためのフォトダイオード」と解釈されるべきものである。

図 11 を参照する。発明者が提案するリンクの他の構成方法は 1 つのデジタルコントローラを用いて複数のレーザダイオードの動作およびその他の動作パラメータの制御を行う方法である。例えば、1 つのレーザダイオードを用いて、

部、部、部、はより同様の等価回路の異なるチャンネルを含む連環光チャンネルを介してコンピュータとカラーユニットとの間をリンクすることができる。一つのコントローラを多数のレーザダイオードに対して用いることができるのは、レーザダイオードを立ち上げてモニタするソフトウェアの発行は各々一つのレーザダイオードに対しては非常に時間的コストを要しないからであり、また半導体メモリに記憶すべきデータ量は、一つのレーザダイオード当たりに対しては通常は一つのRAMデバイスのメモリ容量と比較してあるいはマイクロコントローラ上に格納されたROMと比較してきえはるかに少ないからである。

以上に、本発明をいくつかの具体的な実施例について説明したが、これらの記述は単に本発明の説明のためのものであって、本発明がこれらに限定されるわけではない。当業者によっていろいろな変形が特許請求範囲に定義された本発明の真の精神と範囲とを逸脱することなく可能であることは明らかであろう。



項目	値
レーザダイオード電流 (mA)	10.0
レーザダイオード電圧 (V)	1.0
レーザダイオード電流 (mA)	10.0
レーザダイオード電圧 (V)	1.0
レーザダイオード電流 (mA)	10.0
レーザダイオード電圧 (V)	1.0
レーザダイオード電流 (mA)	10.0
レーザダイオード電圧 (V)	1.0
レーザダイオード電流 (mA)	10.0
レーザダイオード電圧 (V)	1.0

FIGURE 7



DC 11-19-51

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**